Frumento, Antonio S. Biofísica. 3a ed. Madrid. Mosby, 1995. 599 p.

BIOFÍSICA

TERCERA EDICIÓN

A. S. Frumento

Profesor Titular de Biofísica
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires. Argentina

Mosby / Doyma Libros

Madrid- Barcelona - Baltimore - Boston - Buenos Aires - Caracas - Chicago - Filadelfia
Londres - México DF - Milán - San Luis - Santafé de Bogotá - Sidney - Tokio - Toronto - Wiesbaden

Es una publicación de
Mosby / Doyma Libros

© 1995 Mosby / Doyma Libros, S.A.
Juan Alvarez Mendizábal, 3, 2°
28008 Madrid. España.

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita del titular del *Copyright,* bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo público.

El infractor puede incurrir en responsabilidad penal y civil.

Mosby / Doyma Libros, S.A.
Times Mirror International Publishers
División Iberoamericana

ISBN: 84-8174-073-X

Depósito legal: M. 8.758 - 1995
Impreso en España por
LAXES, S. L. Ediciones
Donoso Cortés, 22 - 28015 Madrid

Indice de capítulos

1

Conceptos básicos de Fisicoquímica 1

I. *Conceptos previos* 1
- A. Sistemas materiales 1
- B. Magnitudes 3
- C. Gases 4
- D. Teoría atómico-molecular clásica 5
- E. Concepto de equilibrio fisicoquímico 11

II. *Soluciones* 13
- A. Generalidades 13
- B. Soluciones gaseosas 14
- C. Soluciones líquidas 16
- D. Partición 22

III. *Cambios de estado de agregación* 22
- A. Equilibrio líquido-vapor .. 22
- B. Equilibrio sólido-líquido .. 24
- C. Equilibrio sólido-vapor. Punto triple 25

IV. *Equilibrio químico* 26
- A. Concepto 26
- B. Ley de acción de las masas. 27

2

Termodinámica 31

I. *Primer principio* 31
- A. Principio de equivalencia . 31
- B. Significado del primer principio 31
- C. Aplicaciones del primer principio 34
- D. Entalpia 37
- E. Termoquímica 40

II. *Segundo principio* 43
- A. Significado 43
- B. Entropía 47
- C. Energía libre 51

3

Metabolismo energético 55

I. *Introducción* 55

II. *Aplicación del primer principio a los animales* 55
- A. Ley de Hess 55
- B. Calorimetría animal 57
- C. Calorimetría indirecta respiratoria 58
- D. Tasa básica del metabolismo energético ... 65

III. *La energía libre en los procesos biológicos* 65
- A. Necesidad de energía libre de los animales 65
- B. Utilización de la energía libre por los animales 66

4

Temas de biofísica muscular 71

I. *Propiedades mecánicas del músculo esquelético* 71
- A. Músculo aislado en reposo . 72
- B. Músculo en actividad 74

C. Modelo equivalente 79

D. Activación 83

II. *Energética* 84

A. Trabajo muscular 84

B. Relación entre tensión y velocidad de acortamiento 86

C. Entalpia y calor 89

D. Energía libre y trabajo muscular 91

5

Propiedades coligativas de las soluciones 95

A. Introducción 95

B. Descenso de la presión de vapor 95

C. Ascenso ebulloscópico———96

D. Descenso crioscópico 98

E. Presión osmótica 99

6

Teoría de los iones 105

I. *Introducción* 105

II. *Teoría de los iones* 105

III. *Soluciones de electrólitos* 107

A. Conductividad 107

B. Disociación y equilibrio iónico 111

C. Fuerza electromotriz 112

D. Energía libre, concentración y potencial eléctrico 114

IV. *Electrólitos y propiedades coligativas* 116

A. El factor i de Van't Hoff ..116

B. Acciones interiónicas 116

C. Osmolaridad 117

7

Transporte a través de la membrana celular 119

I. *Introducción* 119

II. *Transporte pasivo* 120

A. Difusión simple 120

B. Transporte facilitado 124

III. *Transporte activo* 128

A. Introducción 128

B. Transporte activo secundario 128

C. Transporte activo primario 131

8

El potencial de acción y su propagación 137

I. *Introducción* 137

A. Potenciales bioeléctricos .. 137

B. Excitabilidad 138

II. *Membrana en reposo* 139

A. Propiedades eléctricas———139

B. Papel de los iones 144

III. *El potencial de acción* 151

A. Fenómenos eléctricos 151

B. Procesos iónicos 152

C. La conducción del impulso nervioso 160

9

Elementos de hidrodinámica 165

I. *Generalidades* 165

II. *Líquidos ideales* 167

III. *Líquidos reales. Viscosidad*_______170

A. Régimen laminar 171

B. Régimen turbulento 176

IV. *El teorema de Bernoulli y la viscosidad* 177

10

Mecánica circulatoria 179

I. *La circulación como fenómeno estacionario* 179

A. Introducción 179

B. Presión hidrostática y cinemática 179

C. Elasticidad vascular 179

D. Caudal 184

E. Presión y resistencia 188

II. *Función cardíaca y fenómenos periódicos* 192

A. Mecánica cardíaca 192

B. Régimen pulsátil 199

III. *Microcirculación* 203

A. Presión capilar 203

B. La sangre como sistema heterogéneo 205

11

Bases biofísicas de la electrocardiografía 209

I. *Bases electrofisiológicas* 209

12

Fenómenos de superficie 233

I. *Propiedades de las interfases* ... 233

A. Tensión superficial 233

B. Presión superficial 237

C. Energía superficial 239

II. *Fenómenos de acumulación* ... 240

III. *Fenómenos electrocinéticos* ________ 243

13

Temas de biofísica de la respiración externa 247

I. *Introducción* 247

II. *Mecánica respiratoria* 247

A. Volúmenes y capacidades . 247

B. Estática 249

C. Dinámica 257

III. *El transporte de gases* 262

A. Aire atmosférico, aire alveolar y aire aspirado ... 262

B. Intercambio alveolocapilar . 263

C. Transporte de los gases por la sangre 264

D. Equilibrios químicos en la sangre 265

14

Sistemas dispersos 269

I. *Introducción* 269

A. Concepto 269

B. Dimensiones de las partículas y clasificación .. 269

C. Dispersiones groseras 270

II. *Dispersiones coloidales* 270

A. Generalidades 270

B. Estabilidad 273

C. Comportamiento osmótico 274

D. Equilibrio Donnan 275

III. *Emulsiones* 278

A. Concepto 278

B. Papel de la interfase 278

15

Homeostasia 281

I. *Conceptos generales* 281

A. Concepto de homeostasia . 281

B. Equilibrio y estado estacionario 281

C. Balance 283

II. *Sistemas de control* 283

A. Concepto y clasificación .. 283

B. Circuito de retroalimentación 284

C. Circuito de retroalimentación negativa . 286

D. Circuitos de realimentación de respuesta continua 288

E. Otros conceptos relacionados con los sistemas de control 294

16

Elementos de análisis compartimental y balance hidroelectrolítico 299

I. *Compartimientos y barreras. Concepto* 299

II. *Compartimientos hídricos del organismo* 299

A. Agua corporal total 299

B. Distribución del agua en el organismo 300

III. *Cinética compartimental* 302

A. Curva de eliminación: modelo de un compartimiento 302

B. Otros modelos 305

C. Tasa de depuración 306

IV. *Aspectos bioflsicos del estado hidroelectrolítico* 307

A. Distribución de agua y solutos entre la célula y el medio 307

B. Equilibrio osmótico——— .. 309

C. Intercambio transcapilar .. 312

D. Algunos aspectos cuantitativos de la función renal 313

17

El ion hidrógeno 321

I. *Conceptos previos* 321

A. Ácidos y bases 321

B. Disociación del agua 325

C. Constante de disociación de ácidos e hidróxidos———327

II. *La concentración de hidrogeniones* 330

A. Notación logarítmica 330

B. Neutralización 332

C. Soluciones reguladoras———335

_D. Polielectrólitos 338

18

Biofísica del estado ácido-básico 343

I. *El balance y la amortiguación de hidrogeniones* 343

A. Balance 343

B. Sistemas amortiguadores de la sangre 344

C. El pH del plasma y la presión parcial de dióxido de carbono 347

D. Comportamiento de los sistemas amortiguadores de la sangre 349

E. Exceso de base. Base "buffer" normal 355

II. *Flujos y equilibrios del balance ácido-básico* 356

A. La eliminación de los hidrogeniones 356

B. Balances y recirculaciones . 359

C. Las desviaciones 361

19

Termorregulación 365

A. Introducción 365

B. Temperatura del cuerpo .. 365

C. Termogénesis 368

D. Termólisis 368

E. Esquema de la regulación . 371

20

Elementos de biofísica de la audición 373

I. *Fundamentos físicos* 373

A. Movimiento oscilatorio armónico 373

B. Sonido 377

II. *Audición* 382

A. Estructura del oído 382

B. Mecanismo de la audición . 384

C. Características del sentido del oído 390

D. Audición biauricular 393

21

Óptica geométrica de la visión ... 397

I. *El ojo como sistema óptico* ———— 397

A. Reseña anatómica y propiedades ópticas 397

B. El ojo como sistema óptico centrado 398

II. *Visión de la figura plana* 400

A. Imagen en la retina 400

B. Acomodación 402

C. Agudeza visual 405

D. Campo visual 406

III. *Visión del relieve* 408

A. Generalidades 408

B. Mecanismo de la visión del relieve 408

22

Óptica física 411

I. *Naturaleza de la luz* 411

A. Teoría electromagnética ... 411

B. Teoría cuántica 412

II. *Propiedades de la luz* 414

A. Magnitudes de la radiación luminosa 414

B. Absorción de la luz 415

C. Interferencia 418

D. Espectroscopia 419

E. Polarización de la luz 423

III. *Coherencia. Luz láser* 426

A. Coherencia 426

B. El láser 427

23

Fotoquímica de la visión 429

I. *Fundamentos* 429

A. Isomería geométrica 429

B. Fotoquímica 431

C. Estructura de la retina ——— 432

II. *Visión de la luz* 433

A. Características 433

B. Proceso fotoquímico 436

C. Correlación fisiológica ___ 439

III. *Visión de los colores* 441

A. Introducción 441

B. Color y composición espectral 441

C. Teoría de la visión de los colores 442

D. Defectos de la visión de los colores 447

24

Elementos de física nuclear 449

I. *Estructura del átomo* 449

A. Esquema de Bohr 449

B. Estructura del núcleo 451

C. Fuerzas nucleares 451

D. Núclidos 452

E. Unidad de masa atómica . 453

F. Energía nuclear 454

II. *Radiactividad* 455

A. Reacciones nucleares 455

B. Desintegración radiactiva . 456

C. Decaimiento radiactivo ... 460

25

Nociones sobre radiaciones 465

I. *Naturaleza de las radiaciones* .. 465

A. Radiaciones electromagnéticas y corpusculares 465

B. Radiaciones electromagnéticas 465

C. Radiaciones corpusculares 468

II. *Interacción con la materia* 470

A. Radiaciones electromagnéticas 470

B. Radiaciones corpusculares . 472

C. Atenuación de las radiaciones ionizantes por la materia 476

26

Empleo de radioisótopos en biología y medicina 483

I. *Introducción* 483

A. Fundamento del uso de los radioisótopos 483

B. Sustancias marcadas 483

II. *Detección y medición de radioisótopos* 484

A. Fundamentos 484

B. Radiación de fondo 489

C. Equipo electrónico 489

D. Interpretación de los resultados del contaje 491

III. *Técnicas de empleo de los radioisótopos* 495

A. Aplicación en análisis compartimental 496

B. Técnicas de registro externo 498

C. Análisis por activación——500

27

Radiobiología 503

I. *Introducción* 503

II. *Efectos de las radiaciones de baja frecuencia* 503

III. *Efectos de las radiaciones ionizantes* 504

A. Dosis 504

B. Electrones y enlace químico 507

C. Efectos químicos de las radiaciones ionizantes——508

D. Teoría del blanco 512

E. Efectos biológicos 513

IV. *Aspectos sanitarios* 515

A. Radiación externa 515

B. Fuentes internas de radiación 518

C. Consideraciones sanitarias generales 521

V. *Radiodiagnóstico y radioterapia.* 523

A. Fuentes externas 524

B. Aplicación local y localización metabólica ... 526

28

Instrumentación biomédica 527

I. *Introducción* 527

II. *Condiciones de los instrumentos de registro y medición* 527

III. *Instrumentación electrónica* — 531

A. Fundamentos 531

B. El equipo electrónico 535

29

Obtención de imágenes 545

I. *Introducción* 545

II. *Microscopía electrónica* 545

III. *Visualización óptica del organismo* 548

IV. *Obtención indirecta de imágenes* 551

A. Fundamentos de la tomografía 551

B. Recursos 554

Apéndice. Elementos de Matemática 563

I. *Introducción* 563

II. *Funciones elementales* 563

III. *Algunos conceptos de Geometría.* 568

A. Ecuación de la recta 568

B. Ángulos 568

C. Teorema del coseno 571

IV. *Potencias y logaritmos* 572

A. Potencias de 10 572

B. Logaritmos 573

V. *Conceptos elementales de cálculo diferencial e integral* ... 579

Bibliografía general sobre física y fisicoquímica 587

índice de materias 589